

В. М. РОССІНСЬКИЙ, кандидат технічних наук  
Л. А. САБЛІЙ, доктор технічних наук  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД, ЩО МІСТЯТЬ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНІ РЕЧОВИНИ

*В статті приведено шляхи удосконалення існуючих технологій очищення стічних вод, що містять поверхнево-активні речовини. Наведені результати експериментальних досліджень з впливу поверхнево-активних речовин на кінетику розділення мулової суміші та муловий індекс.*

**Ключові слова:** ПАР, стічні води, технологія, очищення, активний мул.

*В статье приведены пути усовершенствования существующих технологий очистки сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества. Приведены результаты экспериментальных исследований по влиянию поверхностно-активных веществ на кинетику разделения иловой смеси и иловый индекс.*

**Ключевые слова:** ПАВ, сточные воды, технология, очистка, активный ил.

*In the article, the ways to improve the existing technologies of sewage water containing surfactants. The experimental results on the effect of surfactants on the kinetics of separation of mixed liquor and sludge index are presented.*

**Keywords:** surfactants, wastewater, technology, treatment, activated sludge.

### Постановка проблеми

З 90-их років ХХ ст., поступово, частка абонентів з промисловими потужностями централізованого водовідведення міст України знижується. Порівняно з 90-ми роками ХХ ст. норми водовідведення в містах України наразі є значно нижчими і в середньому складають 110...160 дм<sup>3</sup>/(людину·добу). Зниження норми водовідведення призводить до поступового збільшення концентрації забруднень, що транспортуються водовідвідними мережами на очисні споруди каналізації міст.

Активне використання абонентами централізованого водовідведення миючих засобів та пральних порошків призводить до додаткового навантаження на очисні споруди каналізації за поверхнево-активними речовинами.

Для міських стічних вод вміст синтетичних поверхнево-активних речовин складає 8...35 мг/дм<sup>3</sup>.

Поверхнево-активні речовини негативно впливають на процеси біологічного очищення міських стічних вод. При вмісті в стічних водах синтетичних поверхнево-активних речовин більше 20 мг/дм<sup>3</sup> пригнічується життєдіяльність гетеротрофних мікроорганізмів активного мулу, що призводить до зниження деструктивної здатності та негативно відображається на загальному прирості біомаси активного мулу. Наявність синтетичних поверхнево-активних речовин в міських стічних водах призводить до виносу активного мулу з очищеними стічними водами з вторинних відстійників, погіршення зневоднення осадів на мулових майданчиках.

Питаннями розробки та впровадження технологій очищення стічних вод від поверхнево-активних речовин шляхом введення коагулянтів із порошкоподібними сорбентами приділено увагу в роботах Когановського О. М., Мешкової-Клименко Н. А., Синельнікової А. В., Невинної Л. В. [1]. Фундаментальні розробки технологій біологічного очищення стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) за допомогою мікроорганізмів-деструкторів одержано в роботах Ротмістрова М. М., Ставської С. С., Гвоздяка П. І., Удод В. М., Таранової Л. А., Радченко О. С., Овчарова Л. Ф. [2]. Засадам фізико-хімічного очищення стічних вод від СПАР приділено роботи Лукіних Н. О., Пушкарьова В. В., Трофімова Д. І., Астреліна І. М., Толстопалової Н. М., Обушенко Т. І., Косогіної І. В., Кримець Г. В., Киливника К. Є., Волкової Г. О. [3].

Розробка заходів щодо удосконалення існуючих технологічних рішень на базі діючих очисних споруд каналізації з метою інтенсифікації очищення стічних вод, враховуючи наявність поверхнево-активних речовин, є актуальною задачею.

**Мета роботи** полягає у встановленні напрямку інтенсифікації очищення міських стічних вод, враховуючи наявність поверхнево-активних речовин.

### **Основна частина**

На міських каналізаційних очисних станціях очищення стічних вод проводиться в спорудах механічного (механізовані решітки, пісковловлювачі, первинні відстійники) і біологічного очищення (аеротенки) та знезараження перед випуском у природну водойму (рис. 1).

В роботі очисних споруд каналізації міст має місце ряд проблем:

- недосконалість технологій щодо вилучення токсичних домішок зі стічних вод (СПАР, іони важких металів), що спричиняють отруєння, спухання активного мулу і його винос із вторинних відстійників;
- піноутворення, яке може виникати навіть на стадіях біологічного очищення;
- недостатній ступінь видалення сполук фосфору зі стічних вод;
- низький ступінь зневоднення активного мулу на мулових майданчиках упродовж тривалого часу;
- незабезпечення ефективного видалення зі стічних вод сполук азоту на традиційних очисних спорудах.

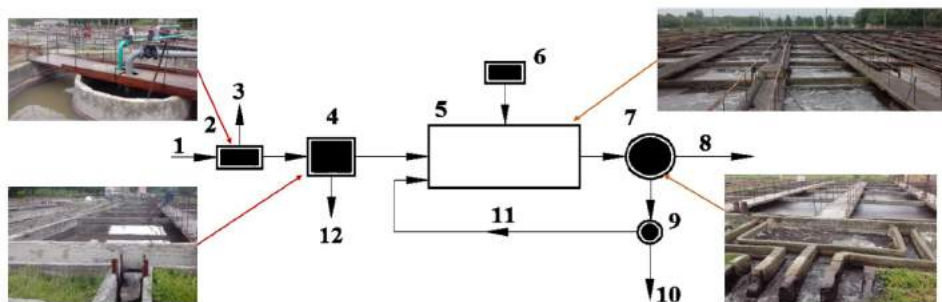


Рис. 1. Схема технології повного біологічного очищення стічних вод на очисних спорудах каналізації міст України: **1** – очищувані стічні води, що пройшли споруди решіток; **2** – піскоуловлювач; **3** – піщана пульпа на пісковий майданчик; **4,7** – первинний, вторинний відстійник; **5** – аеротенк із регенератором; **6** – повітрорудна станція; **8** – стічні води на знезараження та випуск у природну водойму; **9** – насосна станція зворотного активного мулу; **10** – надлишковий активний мул на ущільнення; **11** – зворотний активний мул; **12** – сирий осад первинних відстійників на обробку.

Перспективними напрямками глибокого очищення міських стічних вод є реалізація очищення на базі схем Phoredox, A<sup>2</sup>/O, Vardenpho та їх модифікацій, а також за принципом БЮКОНВЕЕР із біореакторами з іммобілізованими мікроорганізмами на полімерних носіях [4, 5].

За результатами експериментальних досліджень з впливу ПАР на мікроорганізми активного мулу встановлено, що негативний вплив на перитрих спостерігається при концентрації аніонних ПАР (АПАР) більше 5 мг/дм<sup>3</sup> (рис. 2). Пригнічення активності коловерток відзначається при АПАР в стічній воді більше 10 мг/дм<sup>3</sup>.

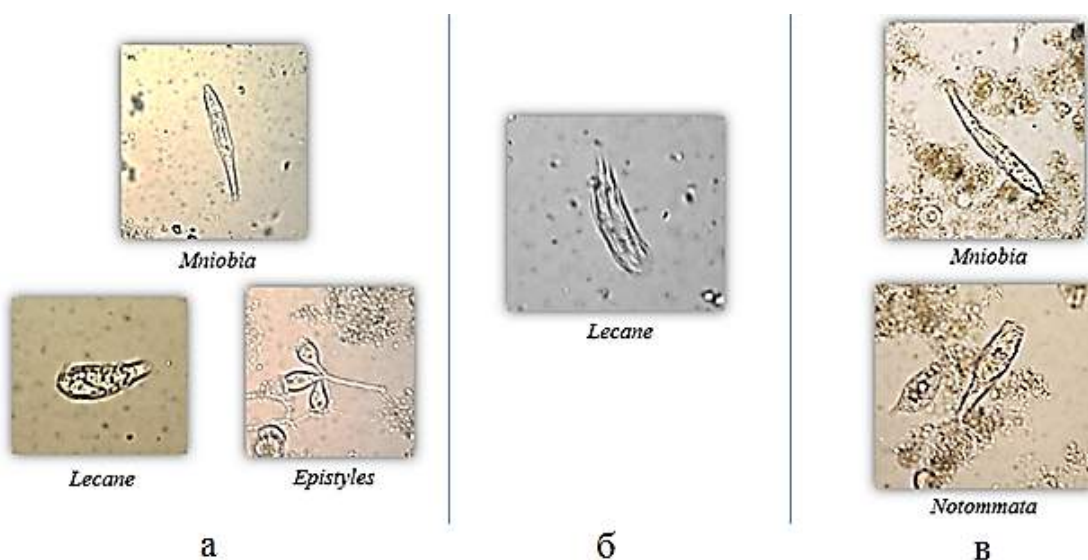


Рис. 2. Фотографії активного мулу (x200) при АПАР:  
**а3; **б**) 5...35 мг/дм<sup>3</sup>; **в**) >35 мг/дм<sup>3</sup>.**

Встановлено, що поступове збільшення концентрації ПАР в стічних водах негативно відображається на кінетиці розділення мулової суміші (рис.3).

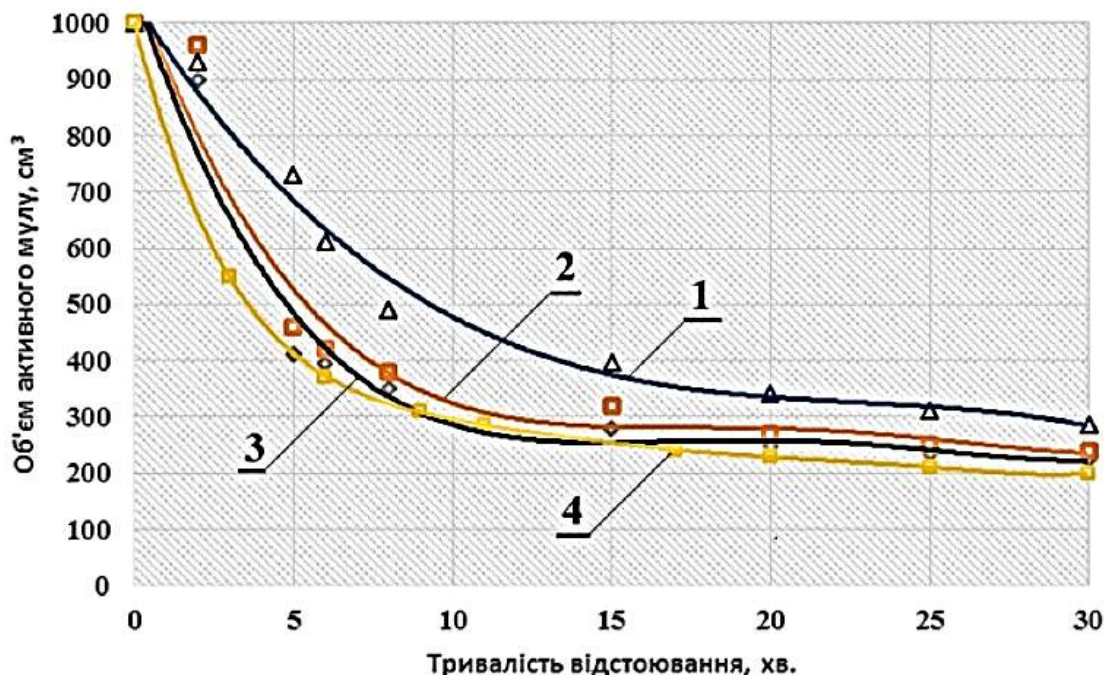


Рис. 3. Зміна об'єму активного мулу в залежності від тривалості відстоювання в присутності АПАР: **1** – 25 мг/дм<sup>3</sup> (доза активного мулу 1,8...2 г/дм<sup>3</sup>); **2** – 15 мг/дм<sup>3</sup> (доза активного мулу 1,7...1,8 г/дм<sup>3</sup>); **3** – 5 мг/дм<sup>3</sup> (доза активного мулу 1,8...1,9 г/дм<sup>3</sup>); **4** – < 5 мг/дм<sup>3</sup> після регенератора (доза активного мулу (після розбавлення 1/2) 1,9...2,2 г/дм<sup>3</sup>).

За результатами експериментальних досліджень відзначено, що поступове підвищення концентрації ПАР в стічних водах призводить до збільшення мулового індексу (рис. 4).

На процеси флокулоутворення та осадження пластівців активного мулу впливають [6]:

- диспергування пластівців активного мулу;
- мікрофлокуляція пластівців активного мулу;
- гелеве спухання активного мулу;
- нитчасте спухання активного мулу;
- денітрифікація в пластівцях активного мулу;
- піноутворення.

Зростання мулового індексу при збільшенні концентрації СПАР в стічних водах пов'язано, в першу чергу, з факторами піноутворення та гелевого спухання активного мулу.

Врахування впливу ПАР на кінетику розділення мулової суміші є актуальним у випадку руйнування крупних пластівців активного мулу при порушенні роботи системи аерації, інтенсивному перемішуванні в аеротенку та виносу активного мулу з очищеними стічними водами з вторинних відстійників.

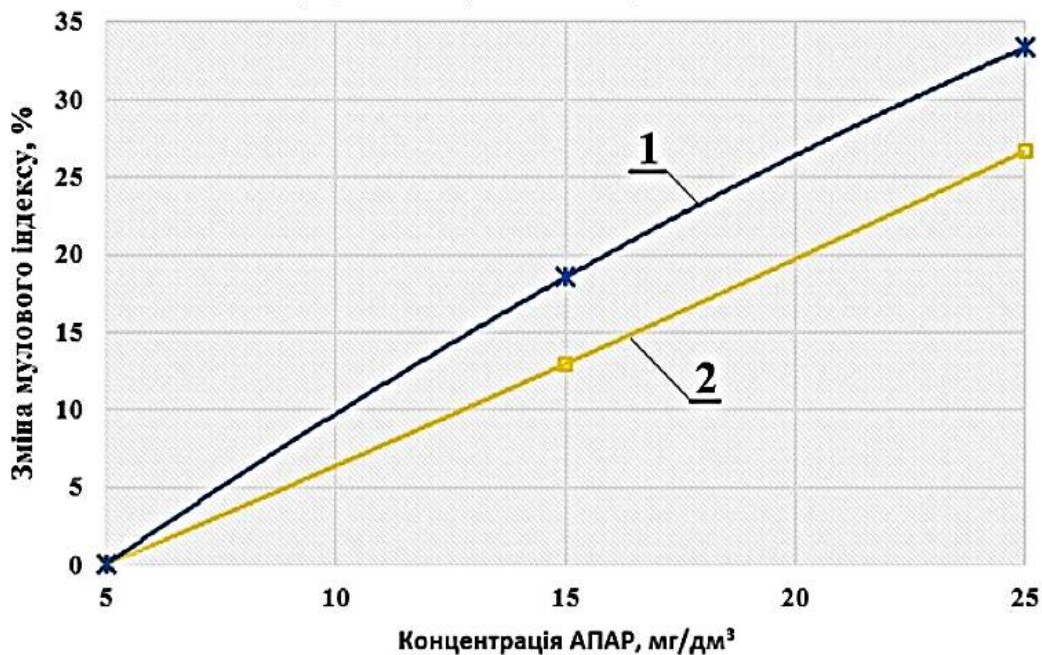


Рис. 4. Зміна мулового індексу в залежності від концентрації АПАР, за початкового мулового індексу: 1 – 112,5 см³/г (доза мулу 1,7...1,8 г/дм³); 2 – 125 см³/г (доза мулу 1,8...2 г/дм³).

Розробка технології глибокого біологічного очищення міських стічних вод, включно з етапами денітрифікації і видалення сполук фосфору, потребує зниження навантаження за СПАР на активний мул аеротенків.

Згідно досліджень А. З. Евілевіча (1959), активний мул за механічним складом відноситься до тонких суспензій, якому властива висока сорбційна здатність у відношенні до колоїдів та суспензій, що містяться в стічній воді. Інтенсифікації коагуляції завислих речовин сприяє спрямування надлишкового активного мулу аеротенків до первинних відстійників (Потапенко О. П., 1966). Флотаційна обробка стічних вод із надлишковим активним мулом в спорудах первинних відстійників, які переобладнані в біокоагулятори-флотатори, дозволяє інтенсифікувати процеси первинного розділення фаз та знизити вологість сирих осадів (О. П. Сіньов, О. П. Ігнатенко, 1994).

Враховуючи, що сорбційна здатність активного мулу за синтетичними поверхнево-активними речовинами складає 50...75% [7,76], а надлишковий активний мул не рекомендується змішувати з осадом первинних відстійників [8,63], зниження навантаження за СПАР на активний мул аеротенків слід забезпечувати шляхом часткової сорбції СПАР пластівцями надлишкового активного мулу в зонах біокоагуляції-флотації, які передбачено після зон первинного відстоювання стічних вод (рис. 5) [9].



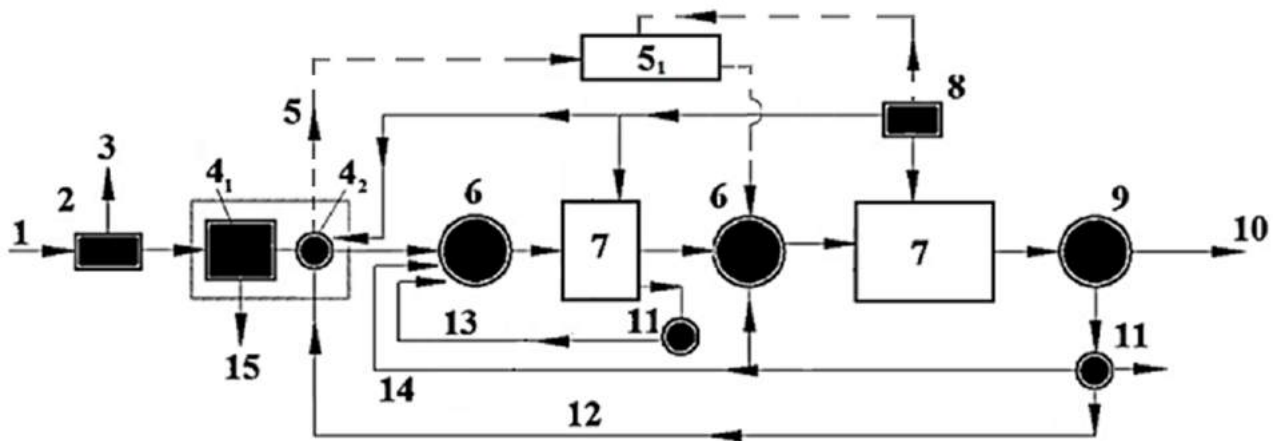


Рис. 5. Схема розробленої технології глибокого біологічного очищення міських стічних вод із видаленням ПАР: **1** – очищувані стічні води, що пройшли споруди решіток; **2** – пісковловлювач; **3** – піщана пульпа на пісковий майданчик; **4<sub>1</sub>** – первинний відстійник; **4<sub>2</sub>** – біофлокулятор-флотатор; **5** – флотаційний шлам на обробку; **5<sub>1</sub>** – споруди біологічної обробки флотаційного шламу; **6, 7** – аноксидний, аеробний біореактори; **8** – повітродувна станція; **9** – вторинний відстійник; **10** – стічні води на знезараження і випуск у природну водойму; **11** – насос; **12** – надлишковий активний мул; **13** – рециркуляційна мулова суміш; **14** – зворотний активний мул; **15** – сирий осад первинних відстійників на обробку.

Утворений в результаті біокоагуляції-флотації шлам виводиться зі споруди і спрямовується на споруди ущільнення, механічного зневоднення осадів або на споруди біологічної обробки флотаційного шламу із подальшим поверненням продуктів біодеструкції СПАР до споруд біологічного очищення стічних вод.

Розділення зворотного активного мулу між аноксидними біореакторами сприяє підтриманню необхідної дози фосфоракумулюючих бактерій на другому ступені, оскільки ці бактерії чутливі до зміни фізико-хімічних показників стічної води і мають незначний приріст біомаси [10,128].

Обробка флотаційного шламу в біореакторах сприяє руйнуванню міцелярної локалізації пластівцями активного мулу СПАР, шляхом інтенсивного споживання накопиченого кисню факультативними мікроорганізмами і наступним катаболізмом, та утворенню простих органічних сполук мікроорганізмами-деструкторами, для яких єдиним джерелом Карбону і енергії є СПАР. Спрямування біологічно обробленого флотаційного шламу до споруд біологічного очищення стічних вод може слугувати додатковим джерелом біогенних елементів.

### Висновки

Враховуючи негативний вплив СПАР на життєдіяльність мікроорганізмів активного мулу, кінетику розділення мулової суміші, вклад у збільшення мулового індексу та з метою зниження навантаження за СПАР на активний мул реалізація часткової сорбції СПАР пластівцями надлишкового

активного мулу в біофлокуляторах-флотаторах є перспективним напрямком інтенсифікації біологічного очищення стічних вод, що містять СПАР.

### Список літератури

1. Синельнікова А. В. Розробка біосорбційної технології глибокого вилучення поверхнево-активних і ароматичних речовин зі стічних вод [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.21 / А. В. Синельнікова; Нац. акад. наук України, Ін-т колоїд. хімії та хімії води ім. А. В. Думанського. – К., 2012. – 20 с.
2. Овчаров Л. Ф. Бактерии рода *Pseudomonas* – деструкторы ионогенных ПАВ [Текст] : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.07 / Л. Ф. Овчаров; Акад. наук Беларуси, Ин-т микробиологии. – Минск, 1992. – 18 с.
3. Волкова Г. А. Методы очистки сточных вод, содержащих синтетические поверхностно-активные вещества / Г. А. Волкова, Н. Ю. Сторожук // Вестник Брестского государственного технического университета. 2012. № 2. БрГТУ. Брест. – 2012. – С. 38-41.
4. Василенко О.А. Впровадження технології біологічної очистки стічних вод від сполук азоту і фосфору на міських очисних спорудах / О.А. Василенко, О.В. Поліщук, Л.О. Василенко // Екологічна безпека і природокористування. – 2014. – Вип. 15. – С. 90-101.
5. Нові технології біологічного очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод /Л.А. Саблій, Є.В. Кузьмінський, В.С. Жукова, М.Ю. Козар // Водопостачання та водовідведення. – 2014 – № 3. – С. 24-33.
6. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками. – М.: АКВАРОС, 2003. – 512 с.
7. *The effect of surfactants on activated sludge process.* Tomczak-Wandzel R., Dereszewska A., Cytawa S., Medrzycka K. // W: Research and application of new technologies in wastewater treatment and municipal solid waste disposal in Ukraine, Sweden and Poland. Proceedings of polish-ukrainian-swedish seminar, Stockholm, Sweden, September 23-25, 2009. Report no 16. / eds. E. Plaza, E. Levin. – Stockholm, 2010, S. 73-80.
8. ДБН В.2.5–75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Мінрегіонбуд, 2013 – 210 с.
9. Россінський В. М. Реновація технологій біологічного очищення стічних вод від поверхнево-активних речовин, сполук фосфору та азоту Матеріали Міжнародного конгресу «Екологія. Технологія. Економіка. Водопостачання. Каналізація (ЕТЕВК-2015)», м. Іллічівськ, Одеської області. – ТОВ «Прайм-Прінт», 2015. – С. 126-129.
10. Россінський В. М. Інтенсифікація біологічного очищення стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин і сполук фосфору // Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції “Ресурси природних вод Карпатського регіону”. Проблеми Мохорони та раціонального використання, 2015р. – Львів: ЛьвДЦНІІ, 2015. – С. 80-83.

Надійшло до редакції 14.11.2015